



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenlegungsschrift
DE 43 31 574 A 1

51 Int. Cl.⁸:
G 01 J 5/12
G 01 K 7/02
H 05 B 1/02
A 47 J 37/08
F 24 C 7/08

21 Aktenzeichen: P 43 31 574.7
22 Anmeldetag: 15. 9. 93
43 Offenlegungstag: 23. 3. 95

DE 43 31 574 A 1

71 Anmelder:

Haimann Optoelectronics GmbH, 65199 Wiesbaden,
DE

74 Vertreter:

Beetz, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Timpe, W., Dr.-Ing.;
Siegfried, J., Dipl.-Ing.; Schmitt-Fumian, W., Prof.
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Mayr, C.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538 München

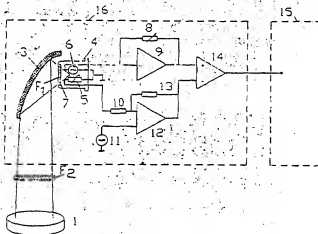
72 Erfinder:

Schieferdecker, Jörg, Dr.-Ing., 65197 Wiesbaden,
DE; Quad, Reiner, Dr.rer.nat., 65232 Taunusstein, DE;
Schulze, Mischa, 15344 Strausberg, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Temperaturkompensiertes Sensormodul

57 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Sensormodul mit einem Hohlspiegel (3), in dessen Brennfleck ein Sensorelement (4) angeordnet ist, dessen Ausgangssignal mit einem Referenzsignal verglichen wird und in einer Auswerteschaltung (15) in ein Temperatursignal umgewandelt wird. Das erfindungsgemäße Sensormodul zeichnet sich dadurch aus, daß es eine Thermosäule (6) aufweist, in dessen unmittelbarer Nähe ein Temperaturreferenzelement (5) angeordnet ist, ein kalibrierbarer erster Vorverstärker (8, 9) das Ausgangssignal der Thermosäule (6) verstärkt, ein zweiter Vorverstärker (10-13) das Ausgangssignal des Temperaturreferenzelements (5) verstärkt, und ein dritter Vorverstärker (14) als Differenzverstärker geschaltet ist, der die Signaldifferenz der Ausgänge des ersten (8, 9) und des zweiten (10-13) Vorverstärkers bildet.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 95 408 082/93

9/33

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein temperaturkompensiertes Sensormodul, insbesondere zur Erfassung von Infrarotstrahlung zur Temperaturmessung in elektrischen Haushaltsgeräten. Ein Sensormodul der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 beschriebenen Art ist beispielsweise aus der DE 38 43 947 C1 bekannt.

Bei dem dort beschriebenen Haushaltsgerät handelt es sich um einen Brotbräuter, der mit einem Infrarotdetektor ausgerüstet ist, dessen Ausgangssignal über einen Komparator mit einem Sollwert verglichen wird. Bei Überschreitung des Sollwertes wird das Gerät abgeschaltet. Die Meßgenauigkeit dieser Anordnung schwankt stark mit der Umgebungstemperatur, die am Einsatzort des Infrarotdetektors herrscht. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit müßte der Infrarotdetektor von dem Umgebungstemperaturschwankungen thermisch isoliert werden, was technisch aufwendig und kostentreibend ist.

Aus der EP 15 710 D1 ist ein Heizkochapparat, insbesondere ein Mikrowellenherd, bekannt, mit einem Sensormodul, das vorzugsweise einen pyroelektrischen IR-Detektor aufweist, auf dem Infrarotstrahlung, ausgehend von dem Gargut (Meßobjekt) über ein als "Guckloch" bezeichnetes Eingangsfenster, einen Chopper, einen Hohlspiegel, durch ein zylindrisches Meßrohr von ca. 150 mm Länge und einem am Ende des Meßrohrs angeordneten Parabolspiegel abgebildet wird. Detektor und Parabolspiegel haben die gleiche optische Achse, wodurch der zentrale Bereich der Meßstrahlung abgeschattet wird. Ferner sind für den Chopper ein Motor und eine Lichtschranke erforderlich. Zusätzlich sind mechanische Mittel mit besonderem Antrieb nötig, um das Eindringen von Dampf in den Meßkanal zum Infrarot-Detektor zu verhindern, wobei am Eingang des Meßrohrs ein Verschluss angeordnet ist, der das Meßrohr nach jeder Messung verschließt. Ferner wird ein Heizelement vorgeschlagen, um den Hohlspiegel definiert zu erwärmen. Insgesamt ist dieses Sensormodul sehr aufwendig gebaut und durch die Vielzahl der Komponenten, insbesondere der mechanisch angetriebenen Komponenten, störungsanfällig und kostenintensiv.

Aus der DE 26 21 457 C3 ist eine weitere Infrarotdetektoranordnung in einem Mikrowellenherd bekannt. Bei dieser Lösung wird die von mehreren Stellen des Gargutes ausgehende Infrarotstrahlung sequentiell erfaßt. Wiederum wird ein pyroelektrischer Detektor in Verbindung mit einer Chopperanordnung verwendet, die aus zwei mit verschiedenen Geschwindigkeiten umlaufenden Blendscheiben mit mehreren Löchern besteht.

Diese Detektoranordnung besitzt keine optisch fokussierenden Bauteile (Linsen oder Spiegel) zur Begrenzung des Blickwinkels. Statt dessen werden über die auf der zweiten Scheibe angebrachten Löcher verschiedene Stellen des Garraumes abgetastet. Beim Auftreten der höchsten Temperatur wird der Mikrowellenherd abgeschaltet.

Diese Anwendung ist nicht für kleine oder längliche Meßobjekte geeignet, da diese nicht einen größeren Teil des Garraumes bedecken. Außerdem sind weitere Fehlerquellen dadurch möglich, daß nach mehreren Heizvorgängen mit höherer Temperatur die Umgebung des Gargutes "heißer" sein kann als das Gargut selbst. Zusätzliche Fehlerquellen können durch Eigenstrahlung und Strahlungsreflexionen von den rotierenden Scheiben entstehen.

Insbesondere durch die zwei, mit verschiedener Geschwindigkeit angetriebenen, bewegten Teile ist die Detektoranordnung relativ aufwendig und stör anfällig.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Sensormodul, insbesondere zur berührungslosen Temperaturbestimmung durch die Messung von Infrarotstrahlung vorzustellen, das in einem großen Umgebungstemperaturbereich mit hoher Meßgenauigkeit anwendbar ist, keine beweglichen Teile besitzt und beim Auswechseln ohne Nachkalibrierung einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Merkmale bevorzugter Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen beansprucht.

Die Grundidee der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Thermosäule, auch Thermopile genannt, und ein Temperaturreferenzelement in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander anzuordnen, die Signale der Thermosäule und des Temperaturreferenzelements jeweils geeignet vorzuverstärken, um anschließend aus dem Differenzsignal ein Steuersignal bzw. ein Temperatursignal abzuleiten.

Eine bevorzugte Einsatzmöglichkeit des erfindungsgemäßen Sensormoduls liegt in der Anwendung in Haushaltsgeräten, wie beispielsweise Mikrowellenherden, Backöfen usw. Der Einsatz des Sensormoduls ist jedoch nicht auf den Bereich der Haushaltsgeräte beschränkt, sondern umfaßt vielmehr auch jede berührungslose Oberflächentemperaturmessung, beispielsweise in Öfen, Maschinen, im industriellen Fertigungsbereich sowie bei der Prozeßkontrolle bzw. -steuerung.

Die Austauschbarkeit des Sensormoduls ohne Kalibrierung des Geräts sowie eine hohe Meßgenauigkeit in einem großen Umgebungstemperaturbereich des Moduls werden dadurch erreicht,

- daß sich in unmittelbarer Nähe der "kalten" Kontakte der Thermosäule, vorzugsweise in deren Gehäuse, ein Temperaturreferenzelement mit bekannter Charakteristik (vorzugsweise ein Thermistor oder PT100) befindet;

- daß die Verstärkung des Vorverstärkers zur Verstärkung des Thermosäulensignals in einem Kalibrierschritt vor dem Einbau in ein Gerät so eingestellt wird, daß die üblicherweise vorhandenen Toleranzen der Empfindlichkeit der Thermosäule von typisch einigen 10% ausgeglichen werden;

- daß der Transmissionsbereich des zweiten Infrarotfilters größer ist als der des ersten Infrarotfilters am Thermosäulensensor, wodurch sich Toleranzen des Transmissionsbereichs des zweiten IR-Filters nach dem Austausch des Sensormoduls nicht auf die Meßgenauigkeit auswirken; und

- daß die Temperaturkennlinie des kompensierten Ausgangssignals des Sensormoduls aufgrund der Vorkalibrierung der Sensorverstärkung und der bekannten Kennlinie des Temperaturreferenzelements sehr genau reproduzierbar ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Beschreibung eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Sensormoduls;

Fig. 2 schematisch im Schnitt den Einbau des Sensormoduls in einem Mikrowellenherd;

Fig. 3 die Anordnung der Filterscheibe an der Innen-

wand eines Mikrowellenherds gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 4 die Anbringung einer Filterscheibe an der Innenwand eines Mikrowellenherds gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau des erfindungsgemäßen Sensormoduls. Man erkennt ein Meßobjekt 1, von dem Infrarotstrahlung durch einen Infrarotfilter F₂ in ein erstes Element 16 des Sensormoduls eingeführt wird. In dem Element 16 wird die Infrarotstrahlung über einen Parabolspiegel 3 gebündelt und um 90° umgelenkt. Im Brennpunkt des fokussierten Infrarotstrahls befindet sich eine Thermosäule 6. Diese ist in einem Gehäuse 4 zusammen mit einem Temperaturreferenzelement 5 angeordnet. Der Infrarotstrahl tritt durch einen Filter F₁ (7) in das Gehäuse ein. Der Durchlaßbereich des Filters F₁ ist so gewählt, daß er innerhalb des Durchlaßbereichs des Filters F₂ liegt, wobei der Durchlaßbereich des Filters F₂ etwas größer ist als der des Filters F₁. Dadurch wird erreicht, daß beim Austausch des Elements 16 keine Meßfehler dadurch erzeugt werden, daß auf den Sensor fallende Lichtintensität verlorengelassen, weil sich die Filterbereiche der Filter F₁ und F₂ nur teilweise und nicht reproduzierbar überlappen.

Der Ausgang der Thermosäule 6 ist an den Eingang eines Vorverstärkers 9 geschaltet, der mit einem kalibrierbaren Verstärkungsfaktor, dargestellt durch den Gegenkopplungswiderstand 8, verstärkt. Das Temperaturreferenzelement, hier ein Thermistor, liefert ein Eingangssignal für den Vorverstärker 12, der dessen Ausgangssignal in ein umgebungstemperaturabhängiges Korrektursignal umwandelt. Dies erfolgt neben dem Thermistor 5 und dem Operationsverstärker 12 durch die Widerstände 10 und 13 sowie die Spannungsreferenz 11. Durch die Wahl der Widerstände 10, 13, des Thermistors 5 und der Spannungsreferenz 11 wird der Temperaturbereich festgelegt, in dem ein geringer Meßfehler bei Umgebungstemperaturschwankungen eintritt. Prinzipiell sind auch andere Schaltungsvarianten zur Erzeugung des Korrektursignals möglich. Für einen konkreten Geräteaufbau genügt es, die Werte des Thermistors 5, der Widerstände 10 und 13 und der Spannungsreferenz 11 einmal festzulegen. Sie können dann auch bei großen Stückzahlen beibehalten werden. Es müssen lediglich Schwankungen der Empfindlichkeit der Thermosäule 6 einschließlich der Filtercharakteristik des ersten Infrarotfilters 7 durch Kalibrierung der Verstärkung des Vorverstärkers 9 durch den veränderlichen Widerstand 8 kalibriert werden. Die Verstärkungskalibrierung kann beispielsweise mittels Lasertrimmen von Widerständen oder durch Kurzschließen bzw. Auftrennen paralleler oder serieller Abgleichwiderstände erreicht werden. Das Temperaturkompensationsignal wird in einem Differenzverstärker 14 vom verstärkten Thermosäulensignal am Ausgang des ersten Vorverstärkers abgezogen. Das somit temperaturkompensierte Ausgangssignal des Differenzverstärkers 14 wird in der elektronischen Steuereinheit ECU 15 zur Weiterverarbeitung bereitgestellt, wo es beispielsweise zur Steuerung oder Regelung von Back-, Koch- oder Heizprozessen verwendet werden kann. Nach der Kalibrierung weist jedes Sensormodul eine in gewissen Toleranzen reproduzierbare Signalcharakteristik auf, die von der ECU 15 verarbeitet werden kann. Messungen von Oberflächentemperaturen eines Schwarzkörperstrahlers konstanter Temperatur mit einem erfindungsgemäßen Sensormodul haben ergeben, daß sich das Meßergebnis nur um $\pm 2^\circ\text{C}$ ändert, während die Umgebungs-

temperatur des Moduls von 10 auf 90°C angehoben wurde. Ein Abgleich des Gesamtgerätes kann somit bei Inbetriebnahme entfallen. Ebenso kann im Reparaturfall ein defektes Modul ohne Gerätekalibrierung ausgetauscht werden. Dadurch ist eine wesentliche Vereinfachung des Geräteservice möglich. Auch die Ansprechgeschwindigkeit des Sensors ist sehr hoch, so daß eine schnelle Temperaturänderung auf der Oberfläche des Meßobjektes in Bruchteilen einer Sekunde erfaßt werden können und durch sofortiges Abschalten des Gerätes ein Anbrennen von Backgut verhindert werden kann.

Fig. 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Sensormodul, das in einen Mikrowellenherd eingebaut ist. Das Element 16 wird im Zwischenraum zwischen der inneren Gehäusewand 21 und der äußeren Gerätewand 20 des Mikrowellenherdes eingebaut und kann bei Bedarf durch eine metallische Abschirmung 27 gegen Störungen, die von dem Mikrowellengerät ausgehen, abgeschirmt werden. Durch das in die Zwischenwand 21 eingesetzte infrarotdurchlässige Filter F₂ gelangt Infrarotstrahlung von dem zu erwärmenden Objekt 22 in das Element 16. Das temperaturkompensierte Ausgangssignal des Elements 16, das dem Ausgangssignal des Differenzverstärkers 14 entspricht, wird über ein ggf. abzuschirmendes Kabel 29 zur Steuereinheit ECU 15 geführt, die mit Abstand vom Element 16 in dem Gerät 20 angeordnet ist. Dort kann das temperaturkompensierte Ausgangssignal, das die Oberflächentemperatur des Garguts wiedergibt, mit einem Sollwert verglichen werden, wonach z. B. das Abschalten des Magnetrons 23 des Mikrowellenherdes erfolgt. Wird das Signal über Analog/Digital-Wandlung in einen Prozessor gelesen, so kann der Garprozeß in mehreren Stufen kontrolliert werden (z. B. Takten oder Herabsetzen der Magnetronleistung ab Erreichen einer bestimmten Oberflächentemperatur und Ausschalten nach Erreichen der Endtemperatur).

Die Verschmutzung des zweiten Filters F₂ wird dadurch verhindert, daß ein Teil des Kühlluftstroms 24 von der Magnetronkühlung durch einen Bypass direkt vor das Filter F₂ geführt wird. Fig. 2 zeigt den abgezwigten Luftstrom 26. Wird das Sensorfilter jedoch nach längerem oder unsachgemäßem Gebrauch (z. B. durch Spritzer vom Gargut) verschmutzt, so kann die Filterscheibe F₂ vom Bediener leicht selbst gereinigt werden. Eine Verschmutzung der Parabolspiegelloptik oder des Detektoreingangsfilters F₁, die vom Benutzer nicht fachgerecht gereinigt werden können, wird in jedem Falle verhindert. Der Öffnungswinkel 28 des Infrarotstrahlenbündels, das vom Sensormodul ausgewertet wird, läßt sich mit der vorgeschlagenen Parabolspiegelloptik auf wenige Grad begrenzen, so daß sich eine genaue Lokalisierung auf dem Gargut ergibt. Dies ist besonders wichtig, da detektierte Strahlungsanteile aus der Umgebung das Meßergebnis wesentlich verfälschen können. Außerdem gestattet der geringe Öffnungswinkel auch die Auswertung kleiner Meßobjekte. Wird bei der Anwendung im Mikrowellenherd ausschließlich von großflächigen Meßobjekten ausgegangen, so kann das Sensormodul auch an den seitlichen Wänden des Mikrowellengehäuses angeordnet sein. In diesem Fall ist der Strahlengang nicht senkrecht, sondern schräg auf das Gargut gerichtet. Die Montage des Filters F₂ in der Gehäuseinnenwand 21 ist in den Fig. 3 und 4, die zwei verschiedene Ausführungsformen zeigen, näher beschrieben. So wird nach der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform die Filterscheibe F₂ in einem Metallrahmen 31 gefaßt, und durch eine Einrastverbindung 32 in eine

eingeprägte Vertiefung der Metall-Innenwand eingearbeitet.

Fig. 4 zeigt eine Halterung der Filterscheibe F2 durch eine Klebeverbindung 33 oder durch das Umliegen von Biegeflächen 34. Zur Verringerung der Einstreuung von Mikrowellenstrahlung aus dem Garraum durch die Öffnung 35 der Zwischenwand in das Sensormodul ist es vorteilhaft, das Filter aus einem leitfähigen Material (z. B. Si oder Ge) herzustellen und elektrisch leitend mit der Zwischenwand zu verbinden. Dann muß der Kleber 33 ebenfalls elektrisch leitfähig sein bzw. es muß durch federnde Biegeflächen ein dauerhafter Kontakt erreicht werden. Zusätzlich kann die Mikrowelleinstrahlung durch ein auf dem Filter aufgebrachtes Gitter 36 aus dünnen metallischen Leiterbahnen erreicht werden. Diese Leiterbahnen lassen sich über einen Aufdampfprozeß für viele Filter auf einer großen Scheibe gleichzeitig kostengünstig erreichen. Wird das Sensormodul in Geräten eingesetzt, wo eine Verschmutzung der Parabolspiegeloptik bzw. des Sensorfilters F1 ausgeschlossen ist, so kann auf das Filter F2 verzichtet werden.

Patentansprüche

1. Sensormodul mit einem Hohlspiegel (3), in dessen Brennfleck ein Sensorelement (4) angeordnet ist, dessen Ausgangssignal mit einem Referenzsignal verglichen wird und in einer Auswerteschaltung (15) in ein Temperatursignal umgewandelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
 - das Sensorelement (4) eine Thermosäule (6) aufweist, in dessen unmittelbarer Nähe ein Temperaturreferenzelement (5) angeordnet ist,
 - ein kalibrierbarer erster Vorverstärker (8, 9) das Ausgangssignal der Thermosäule (6) verstärkt,
 - ein zweiter Vorverstärker (10–13) das Ausgangssignal des Temperaturreferenzelements (5) verstärkt, und
 - ein dritter Vorverstärker (14) als Differenzverstärker geschaltet ist, der die Signaldifferenz der Ausgänge des ersten (8, 9) und des zweiten (10–13) Vorverstärkers bildet.
2. Sensormodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Strahlengang ein erstes Infrarotfilter (F1) mit einem Durchlaßbereich von λ_1 bis λ_2 angeordnet ist.
3. Sensormodul nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Hohlspiegel und dem Meßobjekt ein zweites Infrarotfilter (F2) mit einem Durchlaßbereich von λ_3 bis λ_4 angeordnet ist, mit $\lambda_1 > \lambda_3$ und $\lambda_4 > \lambda_2$.
4. Sensormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Hohlspiegel (3) ein Parabolspiegel ist und das Sensorelement (4) so ausgerichtet ist, daß die optische Achse des Meßstrahls am Parabolspiegel (3) vor und nach der Reflexion einen Winkel von 90° einschließt.
5. Sensormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Thermosäule (6) und das Temperaturreferenzelement (5) in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.
6. Sensormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Temperaturreferenzelement (5) ein Thermistor ist.
7. Sensormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und der

zweite Vorverstärker (8, 9; 10–13) dicht an dem Sensorelement (4) angeordnet ist.

8. Sensormodul nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch seine Verwendung als Infrarot-Sensormodul in einem Koch-, Back- oder Heizgerät, wobei das Ausgangssignal des dritten Vorverstärkers in der Auswerteschaltung zu einem Steuer- bzw. Regelsignal verarbeitet wird.

9. Sensormodul nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Gerät ein Koch- oder Backgerät ist und die Steuerung bzw. Regelung die Aufheiz- bzw. Gartemperatur betrifft.

10. Sensormodul nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensormodul mit Thermopilesensor, Infrarotfilter F1, Thermistor Parabolspiegel und den Vorverstärkern (8, 9; 10–13; 14) im Zwischenraum zwischen Innenwand und Außenwand eines Mikrowellenherdes angeordnet ist, während das zweite Filter F2 in einer Öffnung der Innenwand angeordnet ist, wobei ein Teilstrom des üblicherweise zur Kühlung des Magnetrons des Mikrowellenherdes erforderlichen Luftstroms in Form eines Bypasses vom Hauptstrom abgezweigt wird und durch eine Öffnung der Innenwand vor dem Filter F2 in den Innenraum des Herdes gelangt, wo er an dem Filter F2 vorbeiströmt.

11. Sensormodul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Infrarotfilter F2 aus einem elektrisch leitfähigen Material (z. B. Silicium) besteht und die Ränder des Filters mit der inneren Wand des Mikrowellenherdes elektrisch leitend verbunden werden.

12. Sensormodul nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Infrarotfilter F2 mit einem Gitter von dünnen metallischen Leitbahnen überzogen ist, die mit der inneren Wand des Mikrowellenherdes elektrisch leitend verbunden werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

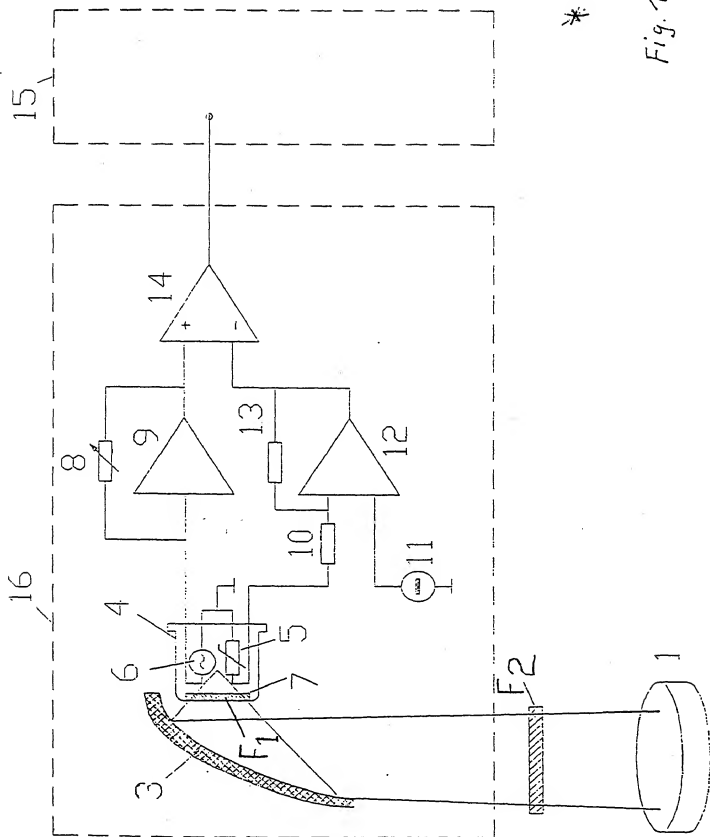
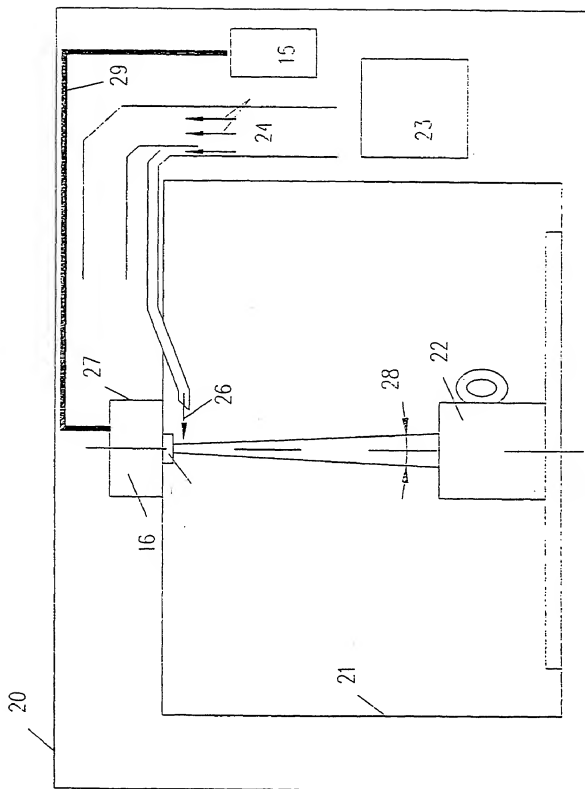


Fig. 2



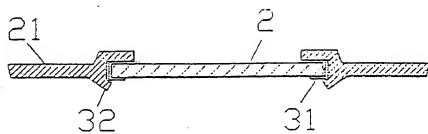


Fig. 3

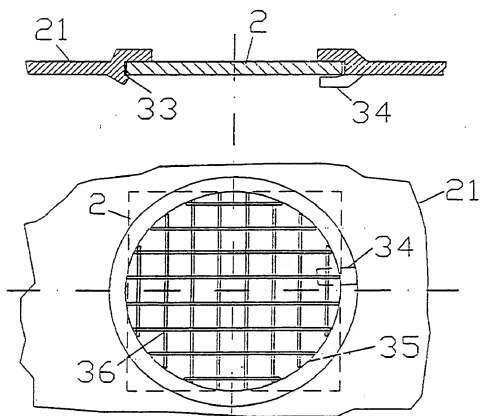


Fig. 4